



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenl gungsschrift**  
⑩ **DE 196 34 193 A 1**

⑥1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**H 01 J 1/30**  
H 01 L 29/768

⑳ Aktenzeichen: 196 34 193.0  
㉔ Anmeldetag: 23. 8. 96  
㉕ Offenlegungstag: 27. 2. 97

DE 196 34 193 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
25.08.95 JP 7-217107

㉔1 Anmelder:  
Agency of Industrial Science & Technology, Ministry  
of International Trade & Industry, Tokio/Tokyo, JP

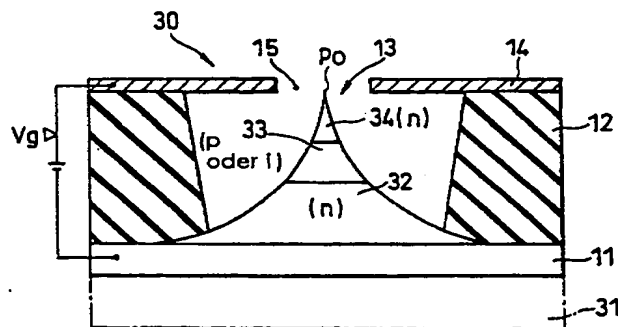
㉔4 Vertreter:  
Manitz, Finsterwald & Partner, 80538 München

㉔2 Erfinder:  
Kanemaru, Seigo, Tsukuba, Ibaraki, JP; Itoh, Junji,  
Tsukuba, Ibaraki, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Feldemissionsvorrichtung

⑤7 Eine Feldemissionsvorrichtung (30) mit einfacher Struktur ermöglicht eine Stabilisierung und Steuerung eines Feldemissionsstroms. Ein auf einem Basisteil (11) gebildeter dreidimensionaler Emittor (13) enthält darin eine Source-Schicht (32) auf der Seite im Kontakt mit dem Basisteil (11), eine Drain-Schicht (34) auf der Seite des Distalendes, das eine Spitze umfaßt, und eine Schicht eines Kanalgebiets (33) zwischen der Source-Schicht (32) und der Drain-Schicht (34). Nahe dem Emittor (13) ist ein Gate (14) gebildet. Ein durch Anlegen einer Spannung an das Gate (14) erzeugtes starkes elektrisches Feld bewirkt, daß kalte Elektronen von der Emitterspitze emittiert werden. Die an das Gate (14) angelegte Spannung steuert auch die Leitfähigkeit der Schicht des Kanalgebiets (33), wodurch der von der Spitze des Emitters (13) emittierte Feldemissionsstrom stabilisiert und gesteuert wird.



DE 196 34 193 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 97 602 069/652

16/25

Diese Erfindung bezieht sich auf eine Feldemissionsvorrichtung. Diese Vorrichtung ist insbesondere geeignet zur Verwendung als eine Elektronenquelle oder Elektronenkanone in verschiedenen Typen eines einen Elektronenstrahl verwendenden Gerätes wie z. B. Bildanzeigevorrichtungen mit Flachschirmanzeige (FPD) optische Drucker bzw. Kopiervorrichtungen und Elektronenstrahl-Belichtungsvorrichtungen, ebenso wie auch in nicht hochentwickelten Anwendungen, wie z. B. Lampen und anderen solchen extrem kleinen Lichtquellen.

In einer Kathodenstrahlröhre oder dergleichen wird eine Glühelktronenemission erreicht, indem der Röhrenkathode viel Heizenergie zugeführt wird. Im Gegensatz dazu bringt die Feldemissionsvorrichtung, die in den letzten Jahren ein Brennpunkt intensiver Forschungen war, eine Kaltelektronenemission von der Oberfläche eines leitfähigen Materials, wie z. B. Metall oder einem Halbleiter, durch Anlegen eines starken elektrischen Feldes von  $10^6$ – $10^7$  V/cm an die Oberfläche des Materials zustande. Eine umfassende Nutzung dieses Vorrichtungstyps würde den Bedarf an CRTs und anderen Vorrichtungen beseitigen, die sehr große Mengen elektrischer Energie verbrauchen. Weil die Vorrichtung in sehr kleinen Abmessungen hergestellt werden kann, würden außerdem die sie nutzenden Schaltungsvorrichtungen auch einen außerordentlich reduzierten Energieverbrauch, eine deutlich kleinere (dünnere) Gehäusegröße und ein geringeres Gewicht aufweisen.

Die Fig. 6(A) und 6(B) zeigen typische Strukturen, die in Feldemissionsvorrichtungen nach dem Stand der Technik aufgegriffen wurden. Die in Fig. 6(A) dargestellte Feldemissionsvorrichtung 10 hat ein Basisteil 11, das als ein physisches Tragteil für die Feldemissionsvorrichtung 10 als Ganzes dient, einen kegelförmigen (typischerweise kreisförmigen kegelförmigen) Emitter 13, der auf dem Basisteil 11 gebildet ist, und ein Gate 14, das über dem Basisteil 11 durch eine Isolierschicht 12 getragen wird. Das Gate 14 ist eine aus einem leitfähigen Material gebildete Elektroden-schicht und wird verwendet, um ein Extraktionspotential zum Fördern einer Feldemission anzulegen. In dem veranschaulichten Fall hat das Gate 14 eine Öffnung 15.

Das Distalende des Emitters 13, nämlich der Scheitelteil  $P_0$  in dem Fall eines Emitters 13 einer kreisförmigen Kegelform, weist in die Öffnung 15. Wenn an das Gate 14 eine Spannung angelegt wird, die nicht geringer als ein vorgeschriebener Wert (Gatespannung  $V_g$  genannt) ist, wird zwischen dem Rand der Öffnung 15 und der Spitze  $P_0$  des Emitters 13 ein elektrisches Feld einer ausreichenden Stärke erzeugt, um Elektronen aus dem Emitter 13 zu extrahieren. Das Gate 14 ist im allgemeinen etwas höher als die Spitze  $P_0$  des Emitters 13 angeordnet. Falls die Kegelspitze  $P_0$  des Emitters 13 als ein spitzer Punkt gearbeitet ist, so daß sein Scheitel im wesentlichen ein Punkt ist, konzentriert sich das durch die zwischen dem Emitter 13 und dem Gate 14 angelegte Gatespannung  $V_g$  erzeugte elektrische Feld zweckdienlicherweise bei der Spitze  $P_0$ . Als Folge kann die gewünschte Feldemission sogar bei einer relativ niedrigen angelegten Spannung erzeugt werden.

Dies hat kürzlich zu Versuchen geführt, den Emitter 13 aus einem Halbleiter zu bilden. Beispielsweise berichtet K. Betsui in Technical Digest 4<sup>th</sup> Int. Vacuum Microelectronics Conference, Nagahama, 1991, S. 26 (Referenz 1), daß kegelförmige Emitter einer beträchtlichen

Schärfe erfolgreich erhalten wurden, indem eine Technologie zum Schärfen, die ein Plasmaätzen und eine thermische Oxidation kombiniert, auf Einkristallsilizium vom n-Typ angewandt wurde. Weil die Emitter einen großen Emissionsstrom bei relativ niedrigen Spannungen erzeugten und mit hoher Reproduzierbarkeit ihrer Struktur hergestellt werden konnten, erwartet man, daß dies in der Zukunft ein bevorzugtes Herstellungsverfahren für Emitter wird.

Ein anderer Typ einer Feldemissionsvorrichtung 10 verwendet keinen kegelförmigen Emitter, sondern wie in Fig. 6(B) dargestellt einen scheibenförmigen Emitter 13, der an dem oberen Ende einer Säule 18 vorgesehen ist und eine flache (obere) Oberfläche 16 und eine Umfangsoberfläche 17 aufweist. Das durch den Emitter 13 dieser Konfiguration bei Anlegen der Extraktionsspannung (Gatespannung)  $V_g$  zwischen dem Emitter 13 und dem Gate 14 erzeugte elektrische Feld konzentriert sich an dem Rand  $P_E$ , wo sich die flache Oberfläche 16 mit der säulenförmigen Umfangsoberfläche 17 schneidet.

Verschiedene andere Vorschläge sind ebenfalls hinsichtlich der Form des Emitters 13 und dessen Lagebeziehung bezüglich des Gates 14 gemacht worden. Die in der Referenz 1 beschriebene Technik ist nur eine unter vielen, die versucht wurden, um bei einer niedrigen Spannung einen großen Feldemissionsstrom zu erhalten. Die bis heute entwickelten Feldemissionsvorrichtungen weisen jedoch einen Nachteil anderer Art auf. Dieser besteht darin, daß der Feldemissionsstrom deutlich fluktuiert, wobei er manchmal verschwindet und manchmal um ein mehrfaches im Wert ansteigt. Tatsächlich kann der Feldemissionsstrom so groß werden, daß sich die Feldemissionsvorrichtung selbst zerstört. Man glaubt, daß der Hauptgrund für die Fluktuation eine große räumliche und zeitliche Variation in der Austrittsarbeit der Emitterspitze infolge einer Adsorption von Restgas in der Arbeitsumgebung und/oder einer Verunreinigung etc. während des Herstellungsprozesses ist.

Um dieses Problem zu lösen, ist es notwendig, entweder die Austrittsarbeit der Emitterspitze vollkommen zu stabilisieren oder den Emissionsstrom aktiv zu steuern. Obgleich das erstgenannte Verfahren schwierig auszuführen ist, wurden kürzlich interessante Vorschläge bezüglich des letztgenannten Verfahrens von A. Ting et al. in Technical Digest 4<sup>th</sup> Int. Vacuum Microelectronics Conference, Nagahama, 1991, S. 200 (Referenz 2) und von K. Yokoo et al. in Technical Digest 7<sup>th</sup> Int. Vacuum Microelectronics Conference, Grenoble, Frankreich, S. 58 (Referenz 3) veröffentlicht.

Das Verfahren wird mit Bezugnahme auf die Fig. 7(A) und 7(B) erläutert werden. Darin sind Komponenten, die denjenigen in den Fig. 6(A) und 6(B) entsprechen, die gleichen Bezugssymbole wie diejenigen in den Fig. 6(A) und 6(B) zugewiesen. Wie in Fig. 7(B) dargestellt ist, versucht das Verfahren, den Emissionsstrom von dem Emitter 13 durch Steuern des Drainstroms eines Feldefekttransistors (FET) 20 zu steuern, der mit der Feldemissionsvorrichtung 10 in Reihe geschaltet ist. Der Drainstrom des FET wird im wesentlichen durch die Gatespannung des FET gesteuert (die Gatespannung des FET 20 wird in dieser Beschreibung als  $V_c$  bezeichnet, um sie von der an das Gate 14 der Feldemissionsvorrichtung angelegten Gatespannung  $V_g$  zu unterscheiden). Daraus folgt, daß der Emissionsstrom von dem Emitter 13 der Feldemissionsvorrichtung 10 durch die an d n FET 20 angelegte Gatespannung  $V_c$  im wesentlichen gesteuert und stabilisiert werden kann.

Dennoch ist eine zufriedenstellende Vorrichtungstruktur zum Ausführen dieses Prinzips noch nicht verfügbar. Man betrachte beispielsweise die in Fig. 7(A) dargestellte Konfiguration, die zusammen mit dem vorhergehenden Verfahren berichtet wurde. Hier ist das Basisteil 11 aus einem Halbleiter aufgebaut, und ein Source-Gebiet 21 vom n-Typ und ein davon beabstandetes Drain-Gebiet 22 vom n-Typ sind auf dem Oberflächenteil des Basisteils 11 gebildet, um das Gebiet zwischen ihnen als ein Kanalgebiet 23 zu definieren. Eine Gate-Isolierschicht 24 ist auf dem Kanalgebiet 23 gebildet. Auf der Gate-Isolierschicht 24 ist das Gate 25 des FET geschaffen. Weil dies im wesentlichen die Grundstruktur eines gewöhnlichen FET ist, kann eine gewisse Innovation an der Stelle bemerkt werden, wo der Emittor 13 der Feldemissionsvorrichtung 10 vorgesehen ist. Speziell ist der Emittor 13 auf der Oberfläche des Drain-Gebiets 22 aufgebaut, und das Gate 14 der Feldemissionsvorrichtung 10 ist auf einer Fortsetzung davon über die Isolierschicht 12 gebildet, die auch als eine Feldisolierschicht dient. Dadurch sind der FET 20 und die Feldemissionsvorrichtung 10 in seitlicher Anordnung zueinander sozusagen zu einer Vorrichtungseinheit zusammengefaßt.

Nachdem das Source-Gebiet 21 beispielsweise auf ein Erdungspotential E gelegt worden ist und die Gatespannung  $V_g$  zum Extrahieren von Elektronen an das Gate 14 der Feldemissionsvorrichtung 10 angelegt worden ist, wird daher, falls die Gatespannung  $V_c$  an das Gate 25 mit einem Pegel angelegt ist, der zu dem Betrag des gewünschten Feldemissionsstroms paßt, dann der Betrag des von dem Emittor 13 der Feldemissionsvorrichtung 10 in den Raum emittierten Elektronenstroms auf den gewünschten Wert gesteuert. Die Bezugswerte 21, 22 und 25 in Fig. 7(B) entsprechen den gleichen Gebieten wie die Gebiete des FET 20, die in Fig. 7(A) durch die gleichen Bezugswerte bezeichnet sind. Eine Struktur dieser Art kann dem US-Patent Nr. 5 359 256 entnommen werden, welches Offenbarungen nicht nur hinsichtlich einer Verwendung eines MOSFET, sondern auch hinsichtlich der Verwendung eines JFET, MESFET oder dergleichen einschließt.

Aus den Arbeitsprinzip und der in Fig. 7(B) dargestellten Ersatzschaltung ist klar, daß der Emissionsstrom mit hoher Genauigkeit aktiv gesteuert werden kann. Im allgemeinen muß jedoch eine große Anzahl von Feldemissionsvorrichtungen 10 dieses Typs auf einem einzigen Basisteil dicht zusammengefaßt werden. Von diesem Gesichtspunkt aus sollte das in Fig. 7(B) veranschaulichte Prinzip, das an sich gültig ist, vorzugsweise nicht implementiert werden, indem die Schaltungsanordnung der Vorrichtung von Fig. 7(A) oder die in dem oben erwähnten US-Patent Nr. 5 359 256 offenbarte Struktur übernommen wird. Die zum Bilden des FET 20 erforderliche Fläche ist der Fläche proportional, die zum Bilden des Emittors 13 erforderlich ist. Diese wird im allgemeinen ziemlich groß. Das Ergebnis ist eine Feldemissionsvorrichtung 10 mit einer ziemlich geringen Packungsdichte und einem großen Abstand zwischen benachbarten Vorrichtungen. Weil der Emittor 13 vollkommen getrennt von dem FET 20 gebaut wird, wird außerdem der Herstellungsprozeß sehr kompliziert, was eine Abnahme der Ausbeute zur Folge hat.

Diese Erfindung wurde gemacht, um die vorerwähnten Probleme zu lösen, und hat als ein Ziel, eine Feldemissionsvorrichtung zu schaffen, die, während ein Feldemissionsstrom von dem Emittor eines FET gemäß dem in Fig. 7(B) veranschaulichten Prinzip gesteuert wird,

eine Struktur aufweist, die eine bedeutende Zunahme der Größe und Abnahme der Packungsdichte pro Feldemissionsvorrichtungseinheit im wesentlichen vermeidet.

Um dieses Ziel zu erreichen, schafft die Erfindung eine Feldemissionsvorrichtung mit einem dreidimensionalen Emittor, der sich von einer Basis erhebt, die auf einem als ein Tragteil dienenden Basisteil befestigt ist, und kalte Elektronen von seinem Distalende bei Anlegen eines elektrischen Feldes emittieren kann, das durch Anlegen einer Spannung an ein nahe dem Distalende vorgesehenes Extraktor-Gate erzeugt wird, worin: der Emittor eine Source-Schicht aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Basisseite, eine Drain-Schicht aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Seite des Distalendes und eine Schicht eines Kanalgebiets zwischen der Source-Schicht und der Drain-Schicht zum Steuern eines Betrags des Stromdurchgangs in Abhängigkeit von dem Betrag des angelegten elektrischen Feldes aufweist, und das durch das Extraktor-Gate im Verhältnis zu der daran angelegten Spannung erzeugte elektrische Feld auch als ein elektrisches Feld zum Steuern des Betrags eines Stromdurchgangs der Schicht des Kanalgebiets verwendet wird.

Weil diese Anordnung erlaubt, daß der Emittor die gleiche äußere Konfiguration wie die der herkömmlichen Feldemissionsvorrichtung aufweist, kann die Erfindung nach Wunsch wahlweise irgendeine der früher vorgeschlagenen Emittorformen oder früher vorgeschlagenen Lagebeziehungen zwischen dem Emittor und dem Extraktor-Gate übernehmen. Somit schafft die Erfindung in einem ihrer relativ grundlegenden Gesichtspunkte eine Feldemissionsvorrichtung, worin das Extraktor-Gate eine leitfähige Elektrodenschicht ist, die über dem Basisteil, durch eine Isolierschicht getragen, vorgesehen ist, und das Distalende des Emittors in eine in der leitfähigen Elektrodenschicht gebildete Öffnung weist. In diesem Fall kann, wie auch in der in Fig. 6(A) dargestellten Vorrichtung nach dem Stand der Technik ersichtlich ist, der Emittor die dreidimensionale Form eines Kegels aufweisen, der sich von seiner Basis zu einem spitz zulaufenden Distalende erhebt, (ist aber nicht auf eine Kegelform begrenzt und kann statt dessen die Form einer Pyramide, eines Keils oder eines Polygonkegels aufweisen) und kann angepaßt sein, um von dem (als den Scheitel einschließend definierten) Scheitelgebiet des Kegels kalte Elektronen zu emittieren.

Selbst wenn der Emittor eine gewöhnliche Kegelform hat, kann dem Extraktor-Gate eine etwas spezielle Konfiguration gegeben werden. Beispielsweise kann das Extraktor-Gate als eine leitfähige Elektrodenschicht aufgebaut sein, die entlang der Oberfläche der kegelförmigen Emittorkonfiguration, durch eine Isolierschicht davon getrennt, gebildet ist.

Der Emittor muß nicht kegelförmig sein. Die Erfindung kann auch für einen plattenförmigen Emittor verwendet werden. In diesem Fall enthält das Basisteil einen flachen Oberflächenteil und einen vorstehenden Teil, der sich von dem flachen Oberflächenteil erhebt. Der Emittor hat die dreidimensionale Form einer Platte, die sich von ihrer auf dem vorstehenden Teil des Basisteils befestigten Basis zu ihrem freien Distalende in einer zu dem flachen Oberflächenteil des Basisteils parallelen oder nahezu parallelen Richtung erstreckt. Er emittiert kalte Elektronen hauptsächlich von Ecken der Platte an dem Distalende des Emittors. In dieser Konfiguration kann, falls das Basisteil aus einem Isoliermaterial hergestellt ist, das Extraktor-Gate direkt auf dessen

flachen Oberflächenteil vorgesehen werden.

Gemäß einem anderen Gesichtspunkt schafft die Erfindung eine Feldemissionsvorrichtung mit einem dreidimensionalen Emittter, der sich von einer Basis erhebt, die auf einem als ein Tragteil dienenden Basisteil befestigt ist, und kalte Elektronen von seinem Distalende bei Anlegen eines elektrischen Feldes emittieren kann, das durch Anlegen einer Spannung an ein nahe dem Distalende vorgesehenes Extraktor-Gate erzeugt wird, worin: der Emittter eine Source-Schicht aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Basisseite, eine Drain-Schicht aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Seite des Distalendes und eine Schicht eines Kanalgebiets zwischen der Source-Schicht und der Drain-Schicht aufweist, um einen Betrag eines Stromdurchgangs in Abhängigkeit von dem Betrag des angelegten elektrischen Feldes zu steuern, und der Betrag eines Stromdurchgangs in der Schicht des Kanalgebiets durch ein elektrisches Feld gesteuert wird, das durch ein von dem Extraktor-Gate getrennt vorgesehenes zweites Gate im Verhältnis zu einer daran angelegten Spannung erzeugt wird. In diesem Fall ist das zweite Gate vorzugsweise näher an der Schicht des Kanalgebiets als das Extraktor-Gate vorgesehen, so daß die Schicht des Kanalgebiets durch das Extraktor-Gate nicht sehr beeinflusst wird oder beinahe ganz unbeeinflusst ist. Dadurch wird ermöglicht, daß der Betrag eines Stromdurchgangs der Schicht des Kanalgebiets durch die an das zweite Gate angelegte Spannung (durch das infolge der angelegten Spannung erzeugte elektrische Feld) gesteuert wird.

Umgekehrt ist es nach Wunsch auch möglich, eine Konfiguration zu übernehmen, bei der das elektrische Feld, das durch die an das zweite Gate angelegte Spannung erzeugt wird, auf das Distalende des Emitters wirkt und zu der Emission kalter Elektronen beiträgt. In diesem Fall kann die Emission kalter Elektronen von dem Emittter bei einer niedrigeren Spannung als in der Vergangenheit realisiert werden. Diese Verringerung der Steuerenergie ist insofern vorteilhaft, als sie die Verwendung kleinerer und einfacherer peripherer Steuerungsanordnungen ermöglicht.

Die verschiedenen Modifikationen, die für den früher beschriebenen grundlegenden Gesichtspunkt der Erfindung verwendbar sind, können auch verwendet werden, wenn das zweite Gate genutzt wird. Es ist beispielsweise möglich, die Konfiguration zu übernehmen, bei der das Extraktor-Gate als eine leitfähige Elektrodenschicht aufgebaut ist, die auf einer auf der Oberfläche des Basisteils gebildeten Isolierschicht vorgesehen ist, und das Distalende des Emitters in eine in der leitfähigen Elektrodenschicht gebildete Öffnung weist. Man kann auch die Konfiguration übernehmen, bei der die dreidimensionale Form des Emitters kegelförmig ist und die leitfähige Elektrodenschicht entlang der Oberfläche der kegelförmigen Emittterkonfiguration, durch eine Isolierschicht davon getrennt, gebildet ist.

Wenn der Emittter, wie früher beschrieben, die dreidimensionale Form einer Platte hat, deren Basis an einem vorstehenden Teil des Basisteils befestigt ist und die sich zu dem Distalende parallel oder nahezu parallel zu dem flachen Oberflächenteil des Basisteils erstreckt, kann das zweite Gate auf der oberen Oberfläche des plattenartigen Emitters, durch eine Isolierschicht davon getrennt, gebildet sein. Falls das Basisteil aus einem Isoliermaterial hergestellt ist, kann das Extraktor-Gate direkt auf dessen flachem Oberflächenteil vorgesehen werden.

Während in allen vorhergehenden Gesichtspunkten

der Erfindung die Schicht eines Kanalgebiets gewöhnlich aus einem Halbleiter vom p-Typ gebildet ist, kann sie statt dessen aus einem Halbleiter vom i-Typ gebildet werden. Weil die Energiebarriere zwischen einem Halbleiter vom i-Typ und einem Halbleiter vom n-Typ kleiner als die zwischen einem Halbleiter vom p-Typ und einem Halbleiter vom n-Typ ist, kann man erwarten, daß die Verwendung eines Halbleiters von i-Typ den Leckstrom zwischen der Source und dem Drain in dem ausgeschalteten Zustand erhöht, wenn kein elektrisches Feld angelegt ist. Dies ist jedoch kein entscheidender Mangel, was die Verwendung in dieser Erfindung anbetrifft. Was die Punkte eines Induzierens eines Kanals und Steuerns der Leitfähigkeit des Kanals durch ein elektrisches Feld anbetrifft, kann man die Situation als die gleiche wie in dem Fall einer Verwendung eines Halbleiters vom p-Typ betrachten. In dem Spezialfall einer Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Umgebung mit einer sehr niedrigen Temperatur, die ein Ausfrieren der Träger in dem Halbleiter bewirkt, kann man sich überlegen, daß der Halbleiter vom i-Typ den gleichen Isoliergrad wie die Isolierteile außerhalb des Kanalteils liefert. Ein Leckstrom wird daher gut unterdrückt.

Dennoch ist es im allgemeinen vorzuziehen, daß sowohl die Source-Schicht als auch die Drain-Schicht des Emitters aus einem Halbleiter vom n-Typ hoher Konzentration ( $n^+$ ) mit hoher Leitfähigkeit gebildet werden und die Schicht des Kanalgebiets aus einem Halbleiter vom p-Typ niedriger Konzentration ( $p^-$ ) mit einer etwas niedrigen Leitfähigkeit gebildet wird. Während das Arbeitsprinzip der Erfindung ermöglicht, daß der dreidimensionale Emittter aus irgendeinem Halbleitertyp gebildet wird, ist es meist vorzuziehen, daß er aus amorphem Silizium, polykristallinem Silizium oder Einkristallsilizium gebildet wird. Wenn das Basisteil aus einem Halbleiter vom n-Typ gebildet ist, ist die Source-Schicht des Emitters vom gleichen Leitfähigkeitstyp und kann daher einstückig mit dem Basisteil gebildet werden.

Um die Idee eines Stabilisierens des Feldemissionsstroms einer Feldemissionsvorrichtung auszuführen, indem ein Feldeffekttransistor damit in Reihe geschaltet wird, enthält diese Erfindung den FET in dem Emittter selbst. Weil der Einschluß des FET nicht zur Größe der Vorrichtung beiträgt bzw. sich nicht zu ihr addiert, kann die Feldemissionsvorrichtung annähernd genauso groß gehalten werden wie eine, die einen FET nicht einschließt. Sie weist auch keine verminderte Packungsdichte auf. Ferner hat der Einschluß der FET-Struktur in dem Emittter durch den gleichen Prozeß wie dem zum Herstellen des Emitters, und nicht durch einen getrennten Prozeß, eine hohe Herstellungseffizienz und eine verbesserte Produktausbeute zur Folge.

Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht, die die Struktur einer Feldemissionsvorrichtung darstellt, die eine grundlegende Ausführungsform der Erfindung ist;

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht, die die Struktur einer Feldemissionsvorrichtung darstellt, die eine zweite Ausführungsform der Erfindung ist;

Fig. 3 ein Diagramm, das Schritte in einem Prozeß zum Herstellen einer Struktur darstellt, die der in Fig. 2 dargestellten Feldemissionsvorrichtung entspricht;

Fig. 4 eine schematische Schnittansicht, die die Struktur einer Feldemissionsvorrichtung darstellt, die eine andere Ausführungsform der Erfindung ist;

Fig. 5(A) eine schematische Ansicht, die die Struktur einer Feldemissionsvorrichtung darstellt, die eine andere Ausführungsform der Erfindung ist;

Fig. 5(B) eine Schnittansicht, die entlang einer Linie 5(B)-5(B) von Fig. 5(A) gelegt ist;

Fig. 6(A) eine perspektivische schematische Ansicht, die ein typisches Beispiel einer Feldemissionsvorrichtung nach dem Stand der Technik darstellt;

Fig. 6(B) eine perspektivische schematische Ansicht, die ein anderes Beispiel einer Feldemissionsvorrichtung nach dem Stand der Technik darstellt;

Fig. 7(A) eine schematische Ansicht, die eine Struktur einer Feldemissionsvorrichtung nach dem Stand der Technik zum Stabilisieren eines Feldemissionsstroms darstellt; und

Fig. 7(B) ein Diagramm zum Erläutern des Prinzips der Vorrichtung von Fig. 7(A).

Fig. 1 veranschaulicht schematisch die wesentlichen Strukturelemente einer Feldemissionsvorrichtung 30 gemäß dieser Erfindung. Wie früher ausgeführt, ist es gewöhnlich erforderlich, daß dieser Typ einer Feldemissionsvorrichtung in großen Stückzahlen bei hoher Packungsdichte hergestellt wird. Weil diese Erfindung für solche Vorrichtungen als einzelne Einheiten verwendbar ist, werden jedoch die folgenden Ausführungsformen jeweils als ein Einzelelement beschrieben und veranschaulicht. Außerdem werden Strukturelementen, die denjenigen der Feldemissionsvorrichtung 10 nach dem Stand der Technik, die im vorhergehenden mit Bezugnahme auf die Fig. 6 und 7 beschrieben wurde, entsprechen oder die gleichen wie diese sein können, die gleichen Bezugssymbole wie diejenigen der Feldemissionsvorrichtung 10 zugeordnet.

Die in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Feldemissionsvorrichtung 30 umfaßt ein Basisteil 11, das aus einem massiven Halbleitersubstrat an sich oder, wie durch die strichpunktierte Linie in der Figur angezeigt ist, einer Halbleiterschicht oder einer leitfähigen Schicht bestehen kann, die auf einem Isoliersubstrat 31 aus Glas oder dergleichen gebildet ist. Das Basisteil 11 dient als physisches Tragteil für die Vorrichtung. Eine Isolierschicht 12 ist auf dem Basisteil 11 gebildet. Ein Gate 14, das die gleiche leitfähige Elektrodenschicht wie in Fig. 6 gezeigt sein kann, ist auf der Isolierschicht 12 gebildet. Speziell ist das Gate 14 mit einer Öffnung 15 versehen. Unter der Öffnung 15 ist eine Aussparung gebildet, in der ein Emitter 13 vorgesehen ist. In dieser Ausführungsform ist der Emitter 13 eine dreidimensionale Struktur in Form eines (entweder kreisförmigen oder polygonalen) Kegels. Der kegelförmige Emitter 13 ruht auf dem Basisteil 11 mit seiner Basis in physischem und elektrischem Kontakt mit dem Basisteil 11. Das (freie) Distalende des Emitters 13 (in dieser Ausführungsform die Spitze  $P_0$  des den Scheitel einschließenden Kegels) weist in die Öffnung 15 des Gates 14.

Die bis zu dieser Stelle beschriebene Struktur ist von der bezüglich Fig. 6 früher beschriebenen nicht sonderlich verschieden. Der Unterschied, der das Merkmal dieser Erfindung ist, findet sich in dem Emitter 13. Speziell ist der Emitter 13 an seiner Basisseite in Kontakt mit dem Basisteil 11 mit einer aus einem Halbleiter vom n-Typ aufgebauten Schicht 32 eines Source-Gebiets versehen, auf der Seite seiner Spitze  $P_0$  mit einer aus einem Halbleiter vom n-Typ aufgebauten Schicht 34 eines Drain-Gebiets und im Gebiet zwischen der Schicht 32 des Source-Gebiets und der Schicht 34 des Drain-Gebiets mit einer Schicht 33 eines Kanalgebiets, die an ihrer Oberfläche einen wahlweise induzierten

Kanal aufweisen kann.

Die Schicht 33 des Kanalgebiets ist gewöhnlich aus einem Halbleiter gebildet, dessen Leitfähigkeitstyp von dem der Schichten 32, 34 des Source- und Drain-Gebiets verschieden ist, nämlich einem Halbleiter vom p-Typ. Selbst wenn die Feldemissionsvorrichtung 30 normalerweise in einer Umgebung bei Raumtemperatur betrieben wird, kann jedoch die Schicht 33 des Kanalgebiets in dem Fall, in dem eine Schichtstruktur der Schichten 32, 33, 34 in dem Emitter 13 als eine FET-Struktur arbeitet, aus einem Halbleiter vom i-Typ gebildet sein. Dies verhält sich so, weil sogar in dem Fall eines Halbleiters vom i-Typ die für einen FET-Betrieb erforderliche Energiebandstruktur in der gleichen Art und Weise wie in dem Fall der Verwendung eines Halbleiters vom p-Typ behandelt werden kann. Gewöhnliche FETs müssen im allgemeinen deutlich definierte AUS- und EIN-Zustände aufweisen. Wenn ein Halbleiter vom i-Typ verwendet wird, macht es die Tatsache, daß das Kanalgebiet ein Oberflächengebiet des Substrats ist, unmöglich, eine Isolierung bezüglich des Source-Gebiets und Drain-Gebiets zu garantieren. Dadurch wird es notwendig, eine Isolierung durch eine Sperr-Vorspannung bezüglich des Source-Gebiets und Drain-Gebiets sicherzustellen. Was ihre Anwendung in dieser Erfindung anbetrifft, zieht jedoch eine Verwendung eines Halbleiters vom i-Typ keinen besonderen Nachteil nach sich, weil im Prinzip die Schicht 33 des Kanalgebiets nicht auf irgendein bestimmtes äußeres Potential direkt eingestellt zu werden braucht und das Hauptaugenmerk auf einem Steuern des Betrags eines Feldemissionsstroms durch Ändern der Leitfähigkeit des Kanals liegt. Dies bedeutet nicht, daß die Vorrichtung 30 darauf beschränkt ist, in einer Umgebung bei Raumtemperatur verwendet zu werden, sondern daß sie in einer Umgebung bei Raumtemperatur verwendet werden kann, sogar falls ein Halbleiter vom i-Typ genutzt wird. Selbst wenn die Vorrichtung in einer Umgebung mit niedriger Temperatur, insbesondere in einer Umgebung mit einer sehr niedrigen Temperatur, bei der ein Ausfrieren der Träger stattfindet, verwendet wird, kann ein Kanal in der Oberfläche der Schicht 33 des Kanalgebiets aus einem Halbleiter vom entweder p-Typ oder i-Typ induziert werden. Dadurch wird zumindest ein aktiver Trägerstrom sichergestellt und somit, daß die Vorrichtung in solch einer Umgebung verwendet werden kann. Die vorhergehenden Punkte finden auch Anwendung auf die anderen Ausführungsformen der Erfindung, die später beschrieben werden.

Es sollte jedoch betont werden, daß in der Struktur der Feldemissionsvorrichtung von Fig. 1 das Gate 14 zum Extrahieren von Elektronen aus dem Distalende, insbesondere der Spitze  $P_0$ , des Emitters 13 bei Anlegen eines starken elektrischen Feldes so positioniert sein muß, daß das elektrische Feld auch auf die Schicht 33 des Kanalgebiets wirkt, um zu ermöglichen, daß ein Kanal (Inversionsschicht) in der Oberfläche der Schicht 33 des Kanalgebiets induziert und die Leitfähigkeit variiert wird. Mit anderen Worten befindet sich die Schicht 33 des Kanalgebiets an einer Stelle, wo auf sie durch das elektrische Feld eingewirkt wird, das durch Anlegen der Gatespannung  $V_g$  an das Gate 14 erzeugt wird.

In dieser Struktur ist der Fluß des Feldemissionsstroms von der Spitze  $P_0$  des Emitters 13 in erster Linie durch die Stärke des an die Spitze  $P_0$  angelegten elektrischen Feldes und somit durch den Betrag der an das Gate 14 angelegten Gatespannung  $V_g$  bestimmt. Der Feldemissionsstrom nimmt mit zunehmendem Betrag

der Gatespannung  $V_g$  exponentiell zu. Auf der anderen Seite ist der Betrag des an die Spitze  $P_0$  des Emitters 13 gelieferten Stroms durch den Betrag des Stroms bestimmt, der durch die Schicht 33 des Kanalgebiets fließt, die in den Emitter 13 eingebaut ist. Dieser Strom ist im wesentlichen eine Funktion des Produkts der Elektronendichte und der Elektronenbeweglichkeit des Kanals (Inversionsschicht), der in der Schicht 33 des Kanalgebiets induziert wird. Insofern als das durch das Gate 14 erzeugte elektrische Feld auf die Schicht 33 des Kanalgebiets einwirken kann, sind die Elektronenkonzentration und somit der Betrag eines Stromdurchgangs im wesentlichen als lineare Funktionen der an das Gate 14 angelegten Gatespannung  $V_g$  bestimmt.

Mit anderen Worten arbeitet in der in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemäßen Feldemissionsvorrichtung 30 das Gate 14 nicht nur als ein Extraktor-Gate wie in der herkömmlichen Feldemissionsvorrichtung, sondern fungiert auch als ein Gate zum Steuern des Betrags eines Stromdurchgangs (tatsächlichen Betrags eines Feldemissionsstroms von dem Emitter).

Folglich beruht diese Erfindung auf einer geistreichen Nutzung zweier physikalischer Charakteristiken. Die eine besteht darin, daß der Betrag eines Feldemissionsstroms von dem Emitter 13 im Verhältnis zur Zunahme in der Gatespannung  $V_g$  schnell (exponentiell) zunimmt. Die andere besteht darin, daß der tatsächliche Betrag eines Feldemissionsstroms, der gleich dem Betrag eines durch die Schicht 33 des Kanalgebiets der FET-Struktur in dem Emitter durchgehenden Stroms ist, im Verhältnis zur Zunahme in der Gatespannung  $V_g$  linear steigt. Weil das Arbeitsprinzip derart ist, daß der Betrag eines Strömdurchgangs durch die Schicht 33 des Kanalgebiets der FET-Struktur merklich kleiner als der Betrag eines Feldemissionsstroms sein kann, wird daher der Betrag des Feldemissionsstroms von dem Emitter 13 durch den Betrag eines Stromdurchgangs durch den Kanal beschränkt und stabilisiert.

Während das Festlegen des Stabilisierungspunktes Konstruktionsbetrachtungen einschließt, ist es nicht einfach eine Frage einer Entscheidung in bezug auf die Gatespannung  $V_g$ , sondern schließt auch solche Parameter ein, wie den Abstand zwischen dem Gate 14 und der Schicht 33 des Kanalgebiets, die Dicke und den spezifischen Widerstand (Leitfähigkeit) der Schicht 33 des Kanalgebiets und dergleichen. Wenn die Schicht 32 des Source-Gebiets und die Schicht 34 des Drain-Gebiets aus einem Halbleiter vom n-Typ gebildet sind und die Schicht 33 des Kanalgebiets aus einem Halbleiter vom p-Typ gebildet ist, wie im vorhergehenden beschrieben, wird für die Source- und Drain-Gebiete 32, 34 vorzugsweise ein Halbleiter vom n-Typ hoher Konzentration verwendet, so daß sie spezifische Widerstände in der Größenordnung von  $0,01 \Omega\text{cm}$  (eine hohe Leitfähigkeit) aufweisen. Für die Schicht 33 des Kanalgebiets wird vorzugsweise ein Halbleiter vom p-Typ niedriger Konzentration verwendet, so daß sie einen spezifischen Widerstand von nicht weniger als  $1 \Omega\text{cm}$  aufweist (eine niedrige Leitfähigkeit hat). In Spezialfällen ist es jedoch möglich, zuvor einen dünnen Kanal vom n-Typ durch Anwenden einer Ionenimplantation oder einer anderen derartigen Technologie zu bilden, um eine Verunreinigung in den Oberflächenteil einer Schicht 33 des Kanalgebiets einzuführen, die als eine Halbleiterschicht vom p-Typ oder i-Typ aufgebaut ist. Weil dies auch ermöglicht, daß die Leitfähigkeit der Schicht 33 des Kanalgebiets so gesteuert wird, daß sie mit der Zunahme des an die Schicht 33 des Kanalgebiets angelegten elektrisch n

Feldes zunimmt, ergibt sich keine Änderung in der Fähigkeit, den Betrag eines Feldemissionsstroms als eine lineare Funktion des angelegten elektrischen Feldes zu steuern. Dieser Punkt findet auch für die anderen, später beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung Anwendung.

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung. Bezugssymbole, die die gleichen wie diejenigen in Fig. 1 sind, bezeichnen identische oder entsprechende Strukturelemente. Diese Ausführungsform ist hinsichtlich des Gates 14 verbessert. Die Oberfläche des Emitters 13 ist mit einer Isolierschicht 35 geschaffen. Auf der Isolierschicht 35 ist ein Gate 14 als eine dünne leitfähige Elektroden-schicht gebildet. Als Folge befindet sich der Oberflächenteil der Schicht 33 des Kanalgebiets sehr nahe an einem Gate wie dem der gewöhnlichen FET-Struktur, wobei sie durch eine Gate-Isolierschicht wie der einer gewöhnlichen FET-Struktur getrennt ist. Dadurch kann eine wirksame und genaue Feldeffektsteuerung des Betrags eines Kanalstromdurchgangs erreicht werden. Weil die Spitze  $P_0$  des Emitters 13 freigelegt und das obere Ende des Gates 14 sehr nahe dazu gelegen ist, ist auf der anderen Seite die zum Stimulieren einer Feldemission erforderliche elektrische Feldstärke klein. Ein Verfahren zum Herstellen einer Feldemissionsvorrichtung 30 dieser Struktur wird nun mit Bezugnahme auf Fig. 3 erläutert werden.

Wie in Fig. 3(A) dargestellt, ist ein Siliziumsubstrat 40 vom n-Typ in Richtung der Dicke mit einer Halbleiterschicht 42 vom p-Typ und einer Halbleiterschicht 43 vom n-Typ gebildet, während dessen Hauptteil als eine Halbleiterschicht 41 vom n-Typ belassen wird. Dies kann durch bekannte Verfahren einer Ionenimplantation oder eines epitaxialen Aufwachsens erreicht werden. Die Halbleiterschichten 42, 43, die die Schicht 33 des Kanalgebiets und die Schicht 34 des Drain-Gebiets werden sollen, sind nicht dicker als einige Mikrometer und im allgemeinen mit einer Dicke im Submikrometerbereich ausgebildet. Die verbleibende Halbleiterschicht 41 vom n-Typ, die für beinahe die gesamte Dicke des Siliziumsubstrats 40 vom n-Typ verantwortlich ist, wird die Schicht 32 des Source-Gebiets und das damit einstückige Basisteil 11.

Wie in Fig. 3(B) dargestellt ist, wird als nächstes eine  $\text{SiO}_2$ -Maske 44 einer geeigneten Größe gebildet, und ein bekanntes Plasmaätz-Verfahren wird verwendet, um den kegelförmigen Emitter 13 zu formen. Das Ergebnis wird einer thermischen Oxidation unterzogen, wobei die Maske 44 an Ort und Stelle gelassen wird. Dadurch wird die Isolierschicht 35 auf dem Emitter 13 als eine thermisch oxidierte Schicht gebildet.

Als nächstes wird eine geeignete leitfähige Materialschicht 45 (um das Gate 14 zu werden) aus Wolfram oder einem anderen geeigneten Metall, einer Legierung aus Silizium und einem Metall, polykristallinem Silizium oder dergleichen bis zu einer vorgeschriebenen Dicke gebildet, wie in Fig. 3(C) dargestellt ist. Dabei wird ein sehr isotropes Sputterverfahren oder eine andere derartige Dünnschicht-Ablagerungstechnik verwendet. Danach wird die ganze Struktur in eine gepufferte Flurwasserstoffsäurelösung eingetaucht, um die Maske 44 und einen Teil der Isolierschicht 35 zu entfernen. Die resultierende Struktur, die gleiche wie die von Fig. 2 ist, außer daß das Basisteil 11 und die Schicht 32 des Source-Gebiets des Emitters 13 einstückig gebildet sind, schafft eine Feldemissionsvorrichtung 30 gemäß der Erfindung. Daß das Basisteil 11 und die Schicht 32 des Source-Gebiets des Emitters 13 miteinander einstückig sein kön-



nen und so erhalten werden können und daß ferner die auf der Basisseite des Emitters 13 gebildete Schicht 32 des Source-Gebiets das Basisteil 11 selbst sein kann, gilt sowohl für die in Fig. 1 dargestellte Ausführungsform als auch für die später mit Verweis auf Fig. 4 beschriebene Ausführungsform. Offensichtlich würde ein Bilden der Dünnschichtablagerung durch Verwendung eines Verfahrens mit einer hohen Isotropie, wie z. B. das Vakuum-aufdampf- bzw. -ablagerungsverfahren, es auch möglich machen, die Ausführungsform von Fig. 1 durch das gleiche Verfahren herzustellen. Das Halbleitermaterial ist natürlich nicht auf das oben erwähnte Einkristallsilizium beschränkt, sondern kann statt dessen amorphes Silizium oder polykristallines Silizium sein. Germanium, Galliumarsenid und andere derartige Materialien können ebenfalls verwendet werden. In allen Fällen können die in den Fig. 1 und 2 dargestellten Strukturen und die später mit Bezugnahme auf Fig. 4 beschriebenen Strukturen unter Verwendung bestehender Verarbeitungstechnologien erhalten werden.

In den im vorhergehenden beschriebenen Ausführungsformen dient das einzige Gate 14 sowohl als das Extraktor-Gate als auch als das Gate einer FET-Struktur zum Steuern und Stabilisieren eines Feldemissionsstroms. Im Unterschied dazu nimmt eine andere Ausführungsform der Erfindung, die in Fig. 4 dargestellt ist, die beiden Gates unabhängig auf. Speziell ist die Oberfläche des auf dem Basisteil 11 gebildeten Emitters 13, in der Art und Weise der in den Fig. 2 und 3 dargestellten Ausführungsformen, mit einer Isolierschicht 35 und auf der Isolierschicht 35 mit einer leitfähigen Materialschicht 45 geschaffen, die ein Steuergate (zweites Gate) 36 für ein elektrisches Feld der in dem Emitter 13 enthaltenen FET-Struktur bildet. Außerdem ist ein Gate 14 zum Extrahieren von Elektronen aus dem Emitter 13 auf der Oberseite einer auf dem Basisteil 11 gebildeten Isolierschicht 12 in der Art der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtungsstruktur vorgesehen. Diese Struktur macht es möglich, die Gatespannung  $V_g$  zum Erzeugen des für eine Elektronenextraktion erforderlichen elektrischen Feldes und die Steuerspannung  $V_c$  zum Erzeugen des elektrischen Feldes zum Steuern der Leitfähigkeit der FET-Struktur unabhängig einzustellen und zu ändern, die die Schicht 32 des Source-Gebiets, die Schicht 33 des Kanalgebiets und die Schicht 34 des Drain-Gebiets in den Emitter 13 eingebaut umfaßt (d. h. zum Steuern des Betrags eines Stromdurchgangs durch die Schicht 33 des Kanalgebiets). Die Feldemissionsvorrichtung 30 dieser Struktur weist eine erhöhte Vielseitigkeit auf und macht eine genaue Steuerung eines Feldemissionsstroms während eines tatsächlichen Betriebs möglich.

Wenn die veranschaulichte Struktur übernommen wird, kann außerdem das zweite Gate 36 auch zur Erzeugung des elektrischen Feldes für die Feldemission beitragen. Im Unterschied zu dem gewöhnlichen Fall, bei dem nur ein einziges Extraktor-Gate 14 verwendet wird, worin die an das Gate angelegte tatsächliche Spannung mehrere 10 Volt oder mehr betragen muß, selbst wenn die Vorrichtung in außerordentlich kleinen Abmessungen hergestellt ist, wie in herkömmlichen Feldemissionsvorrichtungen beobachtet wird, ermöglicht somit in dem Fall der in Fig. 4 dargestellten Vorrichtungsstruktur ein Anlegen einer Spannung an das Extraktor-Gate 14, die kleiner als die herkömmlicherweise verwendete ist, gefolgt von einem Anlegen einer Spannung von nur einigen Volt an das zweite Gate 36, nicht nur den Betrag des Feldemissionsstroms von dem Emitter 13, sondern auch dessen EIN/AUS-Zustand zu steu-

ern.

Die Fähigkeit, bei niedriger Spannung auf diese Weise den Betrag eines Feldemissionsstroms zu steuern oder ihn ein- und auszuschalten, ist insbesondere in dem Fall vorteilhaft, in dem eine große Anzahl von Feldemissionsvorrichtungen 30 dieses Typs in einem zweidimensionalen Feld zur Verwendung in einer FPD oder dergleichen, wie am Beginn dieser Beschreibung erwähnt, zusammengefaßt sind.

Falls es im Unterschied zum vorhergehenden erwünscht ist, eine Verwendung des zweiten Gates 36 in erster Linie zum selektiven Erzeugen eines elektrischen Feldes allein hinsichtlich der FET-Struktur zu ermöglichen, die in dem Emitter 13 enthalten ist, kann dies erreicht werden, indem man die Lage des zweiten Gates 36 und die Lage der Schicht 33 des Kanalgebiets von dem Elektronen emittierenden Teil des Emitters 13 (der Spitze  $P_0$  in dem veranschaulichten Fall) soweit wie möglich weg definiert. Um die Wirkung des durch das Extraktor-Gate 14 erzeugten elektrischen Feldes auf die Schicht 33 des Kanalgebiets zu minimieren, genügt es entsprechend, den Abstand zwischen dem zweiten Gate 36 und der Schicht 33 des Kanalgebiets viel kürzer als den Abstand zwischen dem Extraktor-Gate 14 und der Schicht 33 des Kanalgebiets zu machen. Die Struktur, um das zweite Gate 36 zum Steuern des Betrags eines Stromdurchgangs des Emitters (FET-Struktur) getrennt und unabhängig von dem Extraktor-Gate 14 zu schaffen, ist natürlich nicht auf die in Fig. 4 dargestellte beschränkt. Beispielsweise kann ein plattenförmiges zweites Gate 36 parallel zu dem Extraktor-Gate 14 nahe der Schicht 33 des Kanalgebiets vorgesehen sein.

Die Fig. 5(A) und 5(B) zeigen eine andere Ausführungsform der Erfindung, die für eine planare Feldemissionsvorrichtung verwendet wird. Fig. 5(A) ist eine Draufsicht der Vorrichtung und Fig. 5(B) eine Schnittansicht derselben. In diesem Fall ist das Basisteil 11 ein Isoliersubstrat mit einem flachen Oberflächenteil 46 und einem vorstehenden Teil 47, der von dem flachen Oberflächenteil 46 vorsteht. Die Schicht 32 des Source-Gebiets aus einem Halbleiter vom n-Typ, die die Basis des Emitters 13 bildet, wird durch den vorstehenden Teil 47 des Basisteils 11 getragen und ist daran befestigt. Wie in Fig. 5(A) dargestellt ist, hat sie eine leiterbahnähnliche Konfiguration einer gewissen Breite infolge der Tatsache, daß sie auch als eine Verdrahtungsschicht zu dem Emitter selbst dient. Die mit der Basis und Schicht 32 des Source-Gebiets verbundene Schicht 33 des Kanalgebiets aus einem Halbleiter vom p-Typ oder i-Typ, die an der Spitze gebildete Schicht 34 des Drain-Gebiets aus einem Halbleiter vom n-Typ und, in Kombination, damit die Schicht 32 des Source-Gebiets bilden den Emitter 13 als ein plattenförmiges Teil, das sich parallel oder nahezu parallel zu dem flachen Oberflächenteil 46 des Basisteils 11 erstreckt. Diese Teile sind mit einer Isolierschicht 35 belegt, die der Gate-Isolierschicht einer gewöhnlichen FET-Struktur entspricht. Das oben erwähnte zweite Gate 36, das das Gate der FET-Struktur bildet, ist auf der Isolierschicht 35 als eine leitfähige Elektroden-schicht ausgebildet. Die Spitze des Emitters 13, insbesondere die beiden Ecken  $P_0$ ,  $P_0$  seines rechtwinkeligen Aufbaus in diesem Fall, werden die Stellen einer hauptsächlichen Elektronenemission. Weil sich hier das elektrische Feld konzentriert, ist das Extraktor-Gate 14 auf dem flachen Oberflächenteil 46 des Basisteils 11 an einer Stelle nahe den Ecken  $P_0$ ,  $P_0$  gebildet.

In der Feldemissionsvorrichtung 30 dieser Struktur extrahiert das durch die an das Extraktor-Gate 14 ange-

legte Spannung erzeugte starke elektrische Feld Elektronen hauptsächlich von den spitzen Ecken  $P_0$ ,  $P_0$  des rechtwinkligen Emitters 13 in einer zu dem flachen Oberflächenteil des Basisteils 11 parallelen oder nahezu parallelen Richtung, während das durch die an das zweite Gate 36 angelegte Spannung erzeugte elektrische Feld den Betrag eines Stromdurchgangs der Schicht 33 des Kanalgebiets der in dem Emitter 13 enthaltenen FET-Struktur steuert. Dadurch wird der tatsächliche Betrag eines von dem Emitter emittierten Feldemissionsstroms gesteuert.

In dieser Ausführungsform kann das Material des Emitters 13 aus verschiedenen Arten von Halbleitern ausgewählt sein. Auf der anderen Seite braucht das Basisteil 11 nicht überall eine Isoliereigenschaft aufweisen. Es genügt, falls zumindest der mit dem Gate 14 gebildete Teil isoliert. Die verbleibenden Teile können aus einem Halbleiter oder einem anderen leitfähigen Material gebildet sein. Die Struktur von Fig. 5 kann auch aus einem handelsüblich erhältlichen Substrat hergestellt sein, das unter Verwendung einer SOI (Silizium-auf-Isolator)-Technologie hergestellt wird, nämlich ein Substrat, das durch Bilden eines dünnen Films aus Einkristallsilizium auf einem 1–2  $\mu\text{m}$  dicken Film aus  $\text{SiO}_2$  auf einem Substrat eines Einkristallsiliziums erhalten wird.

Außerdem kann die Struktur der in Fig. 5 dargestellten planaren Feldemissionsvorrichtung auch so abgewandelt werden, daß nur ein einziges Gate 14 verwendet wird. Sogar falls das zweite Gate 36 weggelassen wird, kann die mit Bezugnahme auf die Fig. 1 und 2 erläuterte Funktion erhalten werden, vorausgesetzt, das Extraktor-Gate 14 ist an einer Stelle vorgesehen, wo dessen Feld auf die Schicht 33 des Kanalgebiets wirken kann.

Wie aus den im vorhergehenden erläuterten Ausführungsformen klar ist, besteht der Hauptpunkt der Erfindung darin, daß die Source, der Kanal und der Drain eines FET in dem Emitter 13 enthalten sind (wobei es sich versteht, daß die Source auch als das Basisteil dienen kann). Der Emitter selbst kann daher irgendeine von verschiedenen externen Konfigurationen aufweisen, einschließlich denjenigen, die in den Fig. 6(A), 6(B) dargestellt sind, und denjenigen von verschiedenen anderen Feldemissionsvorrichtungen nach dem Stand der Technik, während die Form und Lage des Extraktor-Gates mit Bezugnahme auf den Stand der Technik ausgewählt werden kann, um Feldemissionsvorrichtungen aufzubauen, die von den in den Zeichnungen veranschaulichten verschieden sind. Das Prinzip der Erfindung kann auch zum Einschließen einer FET-Struktur in dem sogenannten "Multi-Emitter" verwendet werden, der mehrere Elektronenemissionspunkte aufweist.

Die Erfindung schafft also eine Feldemissionsvorrichtung 30 mit einfacher Struktur, die eine Stabilisierung und Steuerung eines Feldemissionsstroms ermöglicht. Ein auf einem Basisteil 11 gebildeter dreidimensionaler Emitter 13 enthält darin eine Source-Schicht 32 auf der Seite im Kontakt mit dem Basisteil 11, eine Drain-Schicht 34 auf der Seite des Distalendes, das eine Spitze umfaßt, und eine Schicht eines Kanalgebiets 33 zwischen der Source-Schicht 32 und der Drain-Schicht 34. Nahe dem Emitter 13 ist ein Gate 14 gebildet. Ein durch Anlegen einer Spannung an das Gate 14 erzeugtes starkes elektrisches Feld bewirkt, daß kalte Elektronen von der Emitterspitze emittiert werden. Die an das Gate 14 angelegte Spannung steuert auch die Leitfähigkeit der Schicht des Kanalgebiets 33, wodurch der von der Spitze des Emitters 13 emittierte Feldemissionsstrom stabilisiert, und gesteuert wird.

## Patentansprüche

1. Feldemissionsvorrichtung mit einem dreidimensionalen Emitter (13), der sich von einer Basis erhebt, die auf einem als ein Tragteil dienenden Basisteil (11) befestigt ist, und kalte Elektronen von seinem Distalende bei Anlegen eines elektrischen Feldes emittieren kann, das durch Anlegen einer Spannung an ein nahe dem Distalende vorgesehenes Extraktor-Gate (14) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß:  
der Emitter (13) eine Source-Schicht (32) aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Basisseite, eine Drain-Schicht (34) aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Seite des Distalendes und eine Schicht eines Kanalgebiets (33) zwischen der Source-Schicht und der Drain-Schicht zum Steuern eines Betrags eines Stromdurchgangs in Abhängigkeit von dem Betrag des angelegten elektrischen Feldes aufweist, und das elektrische Feld, das durch das Extraktor-Gate (14) im Verhältnis zu der daran angelegten Spannung erzeugt wird, auch als ein elektrisches Feld verwendet wird, um den Betrag eines Stromdurchgangs der Schicht des Kanalgebiets (33) zu steuern.
2. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Extraktor-Gate (14) eine leitfähige Elektroden-schicht ist, die auf einer auf einer Oberfläche des Basisteils (11) geschaffenen Isolierschicht (12, 35) gebildet ist, und  
der Emitter (13) so angeordnet ist, daß sein Distalende in eine in der leitfähigen Elektroden-schicht gebildete Öffnung (15) weist.
3. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß:  
der dreidimensionale Emitter (13) eine Kegelform hat, die sich von der Basis zu einem spitz zulaufenden Distalende erhebt, und die kalten Elektronen von einem Scheitelgebiet des Kegels emittieren kann.
4. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Extraktor-Gate (14) als eine leitfähige Elektroden-schicht aufgebaut ist, die entlang einer Oberfläche des kegelförmigen Emitters (13), durch eine Isolierschicht (35) davon getrennt, gebildet ist.
5. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Basisteil (11) aus einem Halbleiter vom n-Typ hergestellt ist, und  
die Source-Schicht (32) des Emitters (13) mit dem Basisteil (11) einstückig ist.
6. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Basisteil (11) einen flachen Oberflächenteil (46) und einen vorstehenden Teil (47) aufweist, der von dem flachen Oberflächenteil (46) vorsteht, um die Basis des Emitters (13) darauf zu befestigen, der dreidimensionale Emitter (13) die Form einer Platte hat, die sich von ihrer auf dem vorstehenden Teil (47) des Basisteils (11) befestigten Basis zu ihrem Distalende in einer zu dem flachen Oberflächenteil (46) der Basisteils (11) parallelen oder nahezu parallelen Richtung erstreckt, und  
die kalten Elektronen hauptsächlich von Ecken der Platte an dem Distalende des Emitters (13) emittiert



werden.

7. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Basisteil (11) eine Isoliereigenschaft aufweist, und das Extraktor-Gate (14) direkt auf dem flachen Oberflächenteil (46) des Basisteils (11) vorgesehen ist.

8. Feldemissionsvorrichtung mit einem dreidimensionalen Emmitter (13), der sich von einer Basis erhebt, die auf einem als ein Tragteil dienenden Basisteil (11) befestigt ist, und kalte Elektronen von seinem Distalende bei Anlegen eines elektrischen Feldes emittieren kann, das durch Anlegen einer Spannung an ein nahe dem Distalende vorgesehenes Extraktor-Gate (14) erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß:

der Emmitter (13) eine Source-Schicht (32) aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Basisseite, eine Drain-Schicht (34) aus einem Halbleiter vom n-Typ auf der Seite des Distalendes und eine Schicht eines Kanalgebiets (33) zwischen der Source-Schicht (32) und der Drain-Schicht (34) zum Steuern eines Betrags eines Stromdurchgangs in Abhängigkeit von dem Betrag angelegten elektrischen Feldes aufweist, und  
der Betrag eines Stromdurchgangs in der Schicht des Kanalgebiets (33) durch ein elektrisches Feld gesteuert wird, das durch ein getrennt vom Extraktor-Gate (14) vorgesehenes zweites Gate (36) im Verhältnis zu einer daran angelegten Spannung erzeugt wird.

9. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das zweite Gate (36) näher an der Schicht des Kanalgebiets (33) als das Extraktor-Gate (14) vorgesehen ist.

10. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das elektrische Feld, das durch die an das zweite Gate (36) angelegte Spannung erzeugt wird, auf das Distalende des Emitters (13) wirkt und zu der Emission kalter Elektronen beiträgt.

11. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Extraktor-Gate (14) eine leitfähige Elektroden-schicht ist, die auf einer auf einer Oberfläche des Basisteils (11) geschaffenen Isolierschicht (35) gebildet ist, und

der Emmitter (13) so angeordnet ist, daß sein Distalende in eine in der leitfähigen Elektroden-schicht gebildete Öffnung (15) weist.

12. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß:  
der dreidimensionale Emmitter (13) eine Kegelform hat, die sich von der Basis zu einem spitz zulaufenden Distalende erhebt, und die kalten Elektronen von einem Scheitelgebiet des Kegels emittieren kann.

13. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das zweite Gate (36) als eine leitfähige Elektroden-schicht aufgebaut ist, die entlang einer Oberfläche des kegelförmigen Emitters (13), durch eine Isolierschicht (35) davon getrennt, gebildet ist.

14. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Basisteil (11) aus einem Halbleiter vom n-Typ hergestellt ist, und

die Source-Schicht (32) des Emitters (13) mit dem Basisteil (11) einstückig ist.

15. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Basisteil (11) einen flachen Oberflächenteil (46) und einen vorstehenden Teil (47) aufweist, der von dem flachen Oberflächenteil (46) vorsteht, um die Basis des Emitters (13) darauf zu befestigen, der dreidimensionale Emmitter (13) die Form einer Platte hat, die sich von ihrer auf dem vorstehenden Teil (47) des Basisteils (11) befestigten Basis zu ihrem Distalende in einer zu dem flachen Oberflächenteil (46) des Basisteils (11) parallelen oder nahezu parallelen Richtung erstreckt, und  
die kalten Elektronen hauptsächlich von Ecken der Platte an dem Distalende des Emitters (13) emittiert werden.

16. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das Basisteil (11) eine Isoliereigenschaft aufweist, und das Extraktor-Gate (14) direkt auf dem flachen Oberflächenteil (46) des Basisteils (11) vorgesehen ist.

17. Feldemissionsvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß:  
das zweite Gate (36) auf einer Isolierschicht (35) gebildet ist, die auf der Oberfläche des plattenförmigen Emitters (13) gebildet ist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG.1 \*

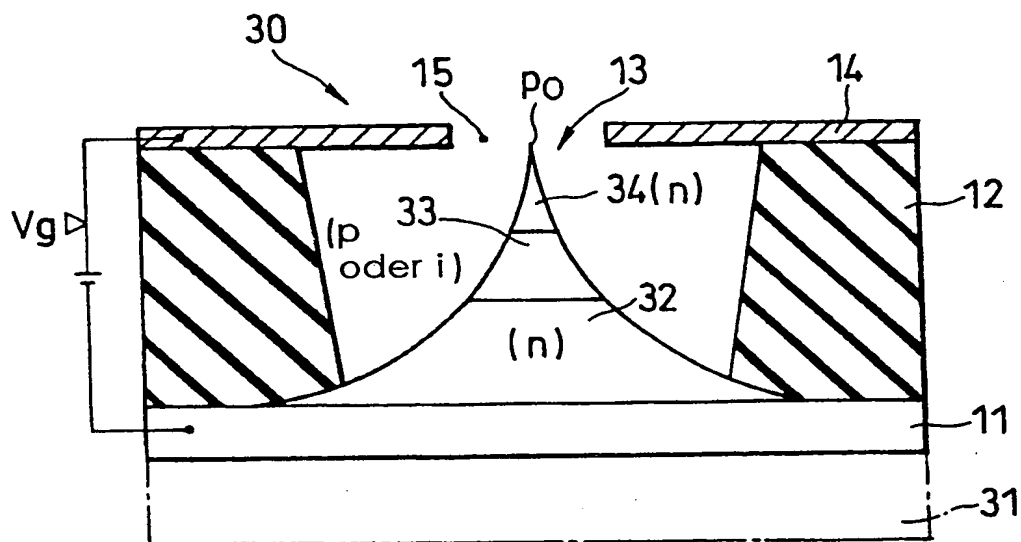


FIG.2

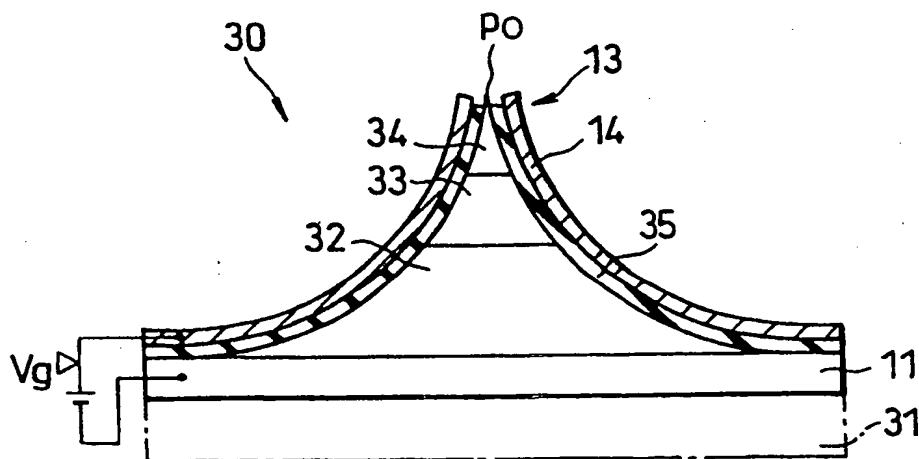


FIG.3(A)

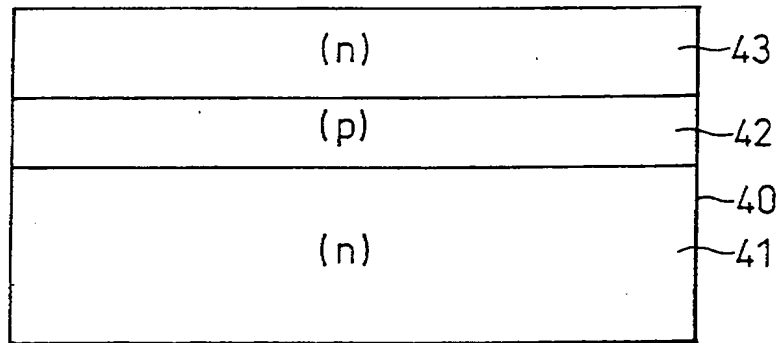


FIG.3(B)

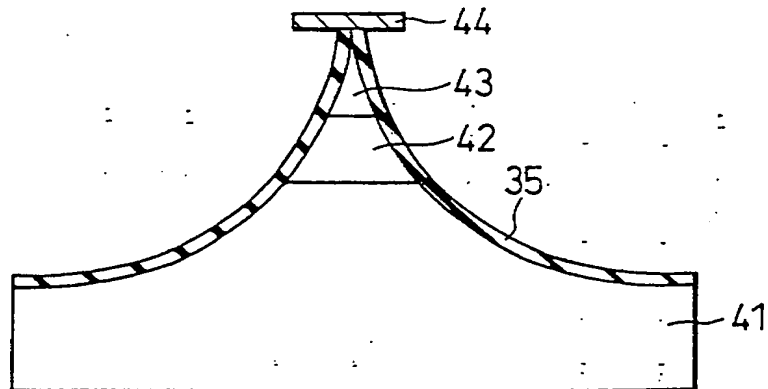


FIG.3(C)

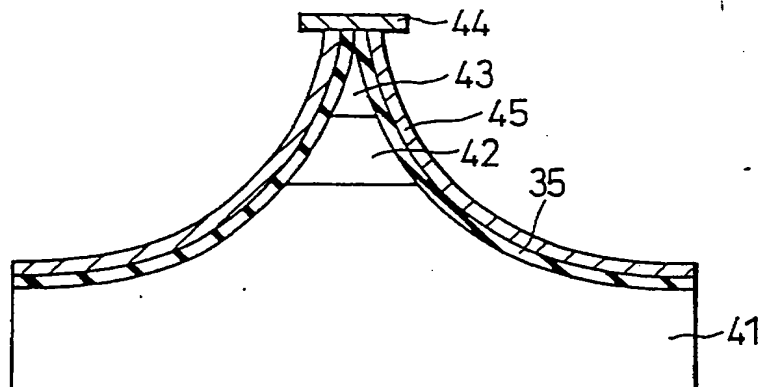


FIG. 4

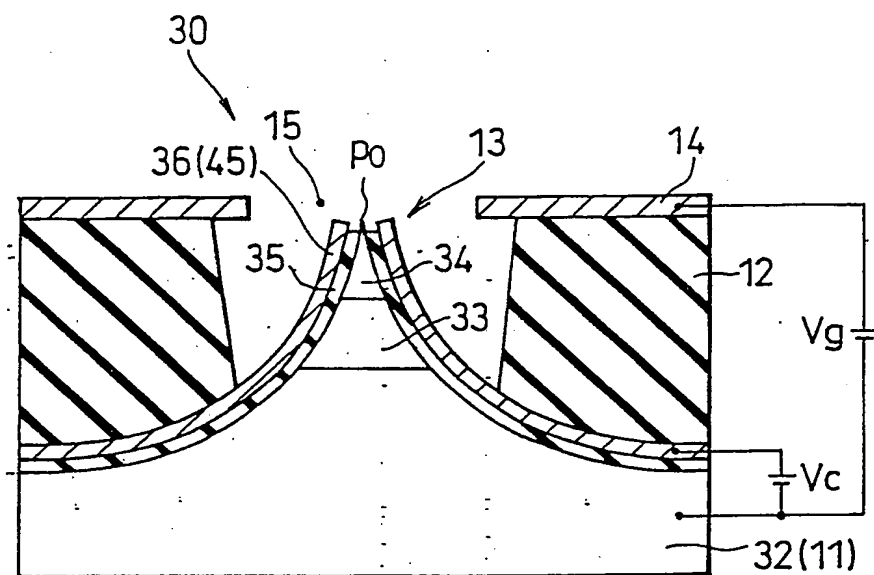


FIG.5(A)

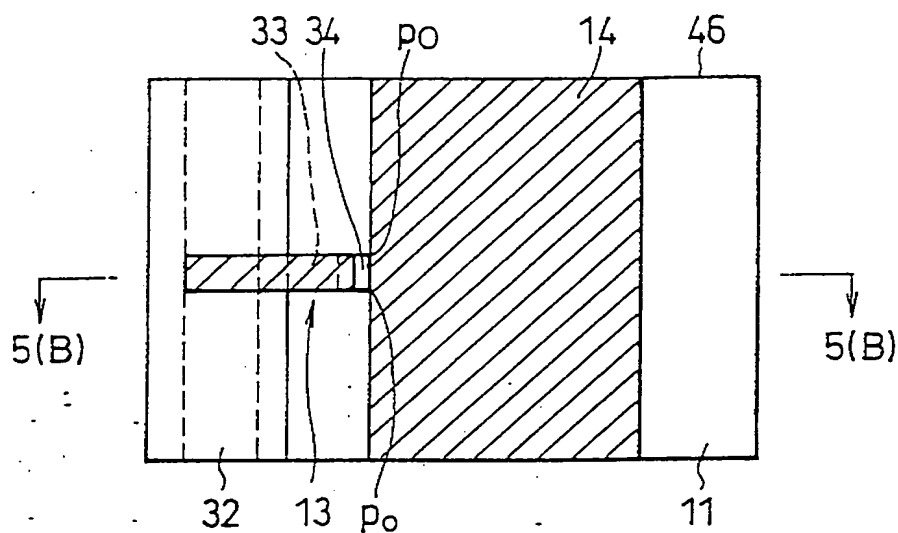


FIG.5(B)

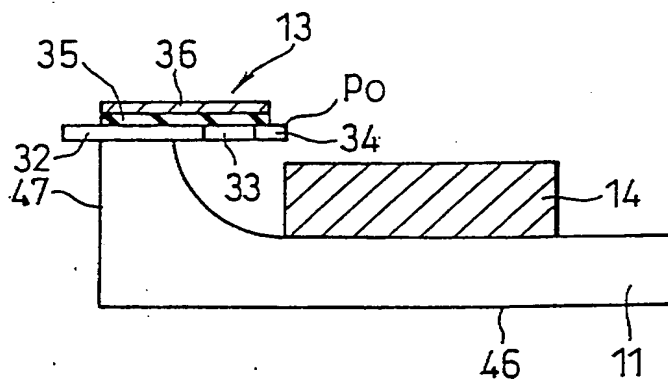




FIG. 6(A)  
(STAND DER TECHNIK)

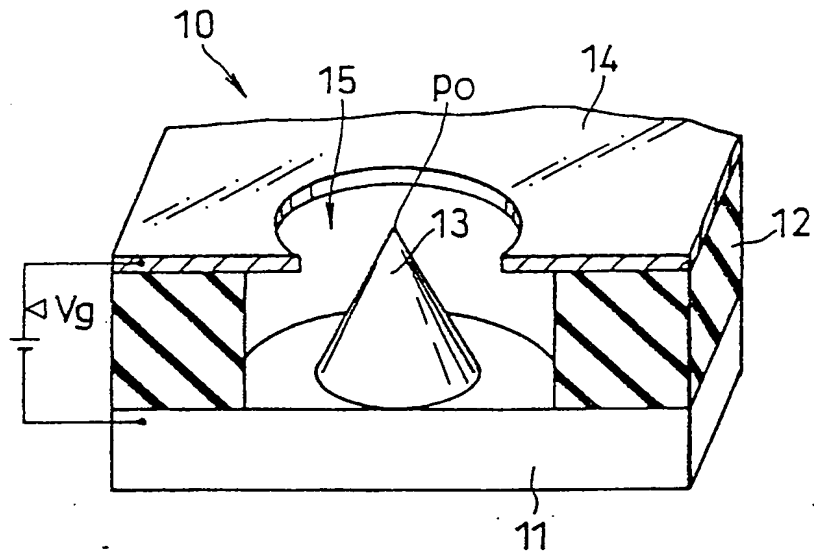


FIG. 6(B)  
(STAND DER TECHNIK)

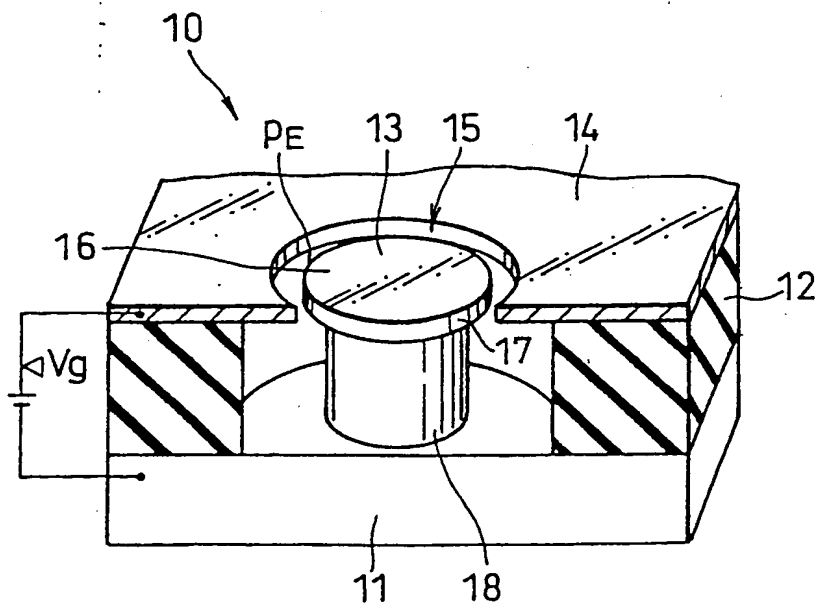


FIG.7(A)  
(STAND DER TECHNIK)

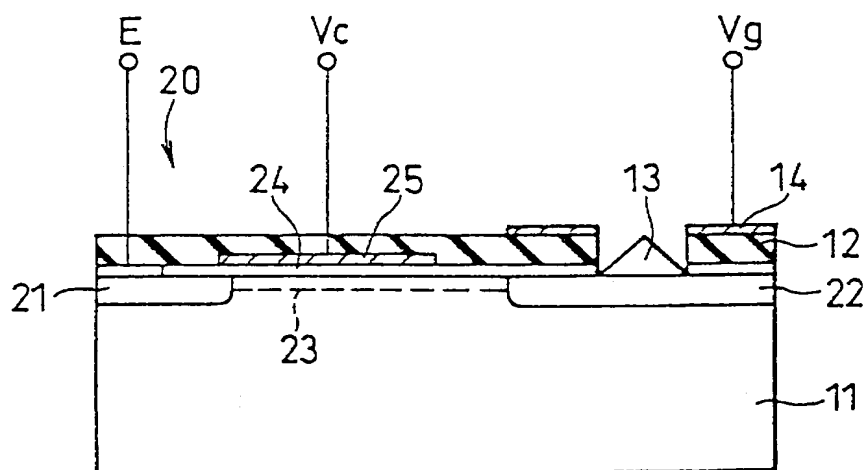


FIG.7(B)  
(STAND DER TECHNIK)

